

ENSAYOS DE DESEMPEÑO PARA LA SELECCIÓN DE ESQUEMAS DE PINTURA EN LAS ATMÓSFERAS DE LA PAZ Y SANTA CRUZ

J. A. Rocha⁽¹⁾, J. Velarde⁽²⁾ e I. Rozovic⁽²⁾

Artigo submetido em Novembro de 2006 e aceite em Janeiro de 2007

RESUMEN

Durante tres años a partir de Diciembre del 2000, se realizaron ensayos de desempeño de 48 esquemas de pintura en las ciudades de La Paz y Santa Cruz en Bolivia, dentro del Proyecto MONOPOL – IIMETMAT de la UMSA.

En base a los resultados obtenidos de la caracterización de atmósferas efectuado paralelamente al estudio, es posible ratificar las diferencias medio-ambientales entre las dos ciudades.

Producto de esas diferencias medioambientales, se obtuvieron desempeños en los esquemas que obedecen a estas y que revisten gran importancia al momento de seleccionar un esquema de pintura en particular para alguna de éstas atmósferas.

Palavras Chave: Desempeño, Esquemas, La Paz, Santa Cruz, Ensayos, Clasificación de Atmósferas

ENSAIOS DE DESEMPENHO PARA A SELECÇÃO DE ESQUEMAS DE PINTURA NAS ATMOSFERAS DE LA PAZ E SANTA CRUZ

RESUMO

Durante 3 anos, a partir de Dezembro de 2000, realizaram-se ensaios de desempenho de 48 esquemas de pintura nas cidades de La Paz e Santa Cruz na Bolívia, no âmbito do Projecto MONOPOL – IIMETMAT-UMSA.

Com base nos resultados obtidos da caracterização de atmosferas efectuada paralelamente ao estudo, é possível verificar as diferenças ambientais entre as duas cidades.

Em virtude dessas diferenças ambientais, obtiveram-se diferentes desempenhos dos esquemas de pintura. Este facto reveste-se de grande importância no momento de seleccionar um esquema de pintura para uma destas atmosferas.

Palavras Chave: Desempenho, Esquemas, La Paz, Santa Cruz, Ensaios, Classificação de Atmosferas.

PERFORMANCE TESTS TO SELECT PAINT SCHEMES IN LA PAZ AND SANTA CRUZ ATMOSPHERES

ABSTRACT

During three years starting December of 2000, carried out performance tests of 48 paint schemes in La Paz and Santa Cruz cities in Bolivia, inside the IIMETMAT – UMSA/Monopol Project.

Based on the results of atmosphere characterization, carried out at the same time of the performance tests, it is possible to ratify the environmental differences between these two cities.

As a product of these environmental differences, the performance of paint schemes were in the same way. It represents a very important knowledge when the selection of paints schemes must to do, for use in one of these two atmospheres.

Key Words: Performance, Schemes, La Paz, Santa Cruz, Tests, Atmospheres Classification

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica es una consecuencia de dos factores importantes: el clima y la polución. Los métodos para disminuir los efectos de este tipo de corrosión, aparte de la posibilidad de efectuar una selección y/o desarrollo de materiales, se basan principalmente en el uso de otras alternativas, como son los recubrimientos metálicos y/o los recubrimientos orgánicos (pinturas) [1-6]. En la ciudad de La Paz, debido a la participación en la Red XV-D PATINA del CYTED [4-7], el IIMETMAT (Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales – UMSA), se dispone actualmente de una estación de ensayos para la evaluación de la corrosión atmosférica ya caracterizada, de modo que se conoce la influencia de los factores arriba mencionados y es posible estudiar el comportamiento de materiales metálicos, de esquemas de

recubrimientos metálicos y/o recubrimientos orgánicos (pinturas), para evaluar su resistencia a la corrosión.

A su vez la empresa MONOPOL, Ltda, especializada en recubrimientos orgánicos (pinturas), con el propósito de evaluar esquemas experimentales de pinturas sobre acero, para conocer su desempeño en la atmósfera, y de esa forma realizar el mejoramiento e incrementar su oferta al mercado, identificó la necesidad de contar con estaciones atmosféricas en las ciudades de La Paz y Santa Cruz en una primera etapa y complementar sus evaluaciones de ensayos acelerados que rutinariamente efectúa (Ejemplo: Cámara salina) [8]. Es por lo anterior, que producto de la interacción entre el I.I.MET.MAT y los responsables del Departamento de Investigación y Desarrollo de MONOPOL, se llevó adelante el proyecto denominado *Evaluación de la agresividad corrosiva de las atmósferas de las ciudades de La Paz y Santa*

⁽¹⁾ Universidad Mayor de San Andrés – Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales (IIMETMAT), C. Postal 9877, La Paz, Bolivia.

⁽²⁾ Fabrica de Pinturas MONOPOL Ltda., C. postal 1503, La Paz, Bolivia.

^(*) A quem a correspondência deve ser dirigida, e-mail: jrochav2003@yahoo.es

Cruz y evaluación de esquemas de recubrimientos orgánicos (pinturas) en estas atmósferas [9], con el objetivo general de: efectuar la caracterización de la atmósfera de la ciudad de Santa Cruz y evaluar esquemas de recubrimientos orgánicos (pinturas) de MONOPOL Ltda en las ciudades de La Paz y Santa Cruz. El proyecto se inició en Diciembre de 2000, habiéndose concluido las exposiciones en Abril del 2004 [10].

En el presente trabajo, se presentan las conclusiones más importantes del estudio desarrollado.

2. EXPERIMENTAL

El trabajo experimental fue desarrollado en las dos ciudades mencionadas, habiéndose instalado dos estaciones: Monopol LP y Monopol SCZ. Para facilitar el análisis de la información se consideró dividir el estudio en dos partes importantes: clasificación de las atmósferas y realización de ensayos de desempeño de esquemas elegidos en las dos ciudades [9-10].

2.1. Clasificación de las atmósferas

Para el efecto, y de acuerdo a las normas ISO 4542 y ISO 9223 [3-4, 11-12], se expuso al medio ambiente de la ciudad de Santa Cruz probetas de metales desnudos de: acero de bajo carbono, aluminio, zinc y cobre. Adicionalmente y de acuerdo a la norma ISO 9225 [13], se instalaron sistemas para la captación de SO₂ y cloruros y se recurrió a fuentes locales para la obtención de la información necesaria para clasificar el clima y calcular el TDH (tiempo de humidificación) [4, 14-15]. Adicionalmente y a modo de testigos, se instalaron 3 probetas de acero de bajo carbono en la Estación Monopol LP.

2.2 Ensayos de desempeño de esquemas de pintura

En base a las recomendaciones de la norma ISO 12944 [16] se seleccionaron los 48 esquemas de pintura para el uso en ambientes de tipo C2 (baja corrosividad), C3 (media corrosividad), C4 (alta corrosividad), C5-I (muy alta corrosividad industrial) y C5-M (muy alta corrosividad marina), que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Códigos de acuerdo a la norma ISO 12944 [16], de los 48 esquemas instalados [10]

CLASIFICACION DE ATMOSFERA	CODIGO (ISO 12944)	CANTIDAD DE ESQUEMAS	OBSERVACIONES
C2	S2.03	6	Esquemas con diferente color, calidad de pigmento y sistema de protección.
	S2.04	6	Esquemas con diferente color, calidad de pigmento y sistema de protección.
	S2.08	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
C3	S3.05	6	Esquemas con diferente color, calidad de pigmento y sistema de protección.
	S3.06	6	Esquemas con diferente color, calidad de pigmento y sistema de protección.
	S3.12	1	-----
	S3.17	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
C4	S4.01	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
	S4.13	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
	S4.20	1	-----
	S4.26	1	-----
	S4.29	1	-----
C5-I	S6.03	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
	S6.06	1	-----
	S6.07	1	-----
	S6.09	2	Esquemas con diferente sistema de protección.
C5-M	S7.03	3	Esquemas con diferente sistema de protección y color.
	S7.09	1	-----
	S7.12	1	-----
	S7.16	1	-----

Las probetas preparadas por cada esquema fueron 5, considerándose la instalación de dos en La Paz, dos en Santa Cruz y una para ser utilizada como patrón de color y brillo. De las dos probetas por ciudad, una de ellas llevaba incisión vertical para estudios del mecanismo protector del esquema de pintura.

Dentro de las pinturas seleccionadas, se incluyeron sistemas de pintura del tipo: alquídico, epóxico, acrílico, poliuretánico y coal tar – epóxico. Así mismo, los mecanismos de protección presentados por las diferentes capas de fondo incluían inhibición, protección catódica y efecto barrera.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos son mostrados a continuación separando la clasificación de las atmósferas y los ensayos de desempeño.

3.1 Clasificación de las atmósferas

Como ya se mencionó anteriormente, en base a la información de la Red PATINA del CYTED para la estación instalada

en la terraza del edificio de la Facultad de Ingeniería y las pruebas realizadas en las estaciones Monopol LP y SCZ

dentro de sus instalaciones, fue posible construir las Tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2

Información general sobre las estaciones de La Paz y Santa Cruz [7, 10, 17]

ESTACION DE ENSAYO	LA PAZ	SANTA CRUZ
UBICACIÓN	16°29' Lat. Sur, 68°07' L. Oeste	17°47' Lat. Sur, 63°10' L. Oeste
ALTURA	3658 m.s.n.m.	414 m.s.n.m.
VEL. PREF. DE VIENTOS	4.32 (Km/H, S.E.)	16.68 (Km/H, N.O.)
CLASIFICACION DE KOPPEN	Cw, templado húmedo con invierno seco	Aw, sabana tropical

Tabla 3

Parámetros medioambientales promedio anuales para La Paz y Santa Cruz, incluyendo clasificaciones según la norma ISO 9223 [3-4, 7, 10, 12-13, 18]

PARÁMETRO	LA PAZ		SANTA CRUZ	
	VALOR	CLASIF.	VALOR	CLASIF.
TDH	0,194	τ3	0,38	τ4
TEMPERATURA ANUAL (°C)	12,2		23,97	
HUMEDAD RELATIVA ANUAL (%)	50,5		66,6	
PRECIP. TOTAL ANUAL (mm)	531,8		1167,48	
RADIACIÓN SOLAR TOTAL (KJ/cm ²)	719,59		544,14	
HELIOFANIA (Horas sol día)	2472,17		2120,80	
DEPOSITACION DE SO ₂ (mg/m ² .d)	2,32	P0	1,20	P0
DEPOSITACION DE CLORUROS (mg/m ² .d)	6,60	S0	1,93	S0

Tabla 4

Velocidades de corrosión para el primer año de exposición de metales desnudos en las Ciudades de La Paz y Santa Cruz, incluyendo las clasificaciones según la norma ISO 9223 [7, 10, 12, 19-20]

METAL	LA PAZ		SANTA CRUZ	
	VALOR	CLASIF.	VALOR	CLASIF.
ACERO (μm/a)	1,720	C2*	5,580	C2
ALUMINIO (g/m ² .a)	0,179	C2	0,081	C2
ZINC (μm/a)	0,224	C2	0,899	C3
COBRE (μm/a)	0,212	C2	0,195	C2

* Las probetas expuestas en la Estación MONOPOL LP, mostraron un valor de velocidad de corrosión de 1,05 (μm/a), correspondiente a una clasificación de C1 (muy baja).

En base a un breve análisis de la información mostrada en las tablas 2, 3 y 4 es posible establecer lo siguiente:

- La ciudad de Santa Cruz posee un medio ambiente húmedo y cálido, esperándose una mayor corrosividad que en la ciudad de La Paz.

- La ciudad de La Paz muestra contenidos de contaminantes más elevados en su atmósfera y que podrían influir en la presentación de una mayor velocidad de corrosión en metales sensibles a estos. Adicionalmente en esta ciudad, la corrosión del acero no sería la misma en todas las zonas, producto de la diferencia de concentración de gases (principalmente SO₂), razón por la que en la zona donde se encuentra la Estación MONOPOL LP la categoría de corrosividad fue C1, menor a la del centro de la ciudad que es C2.

- En relación a la corrosión de metales, el acero y el zinc presentan una velocidad de corrosión más alta en la ciudad de Santa Cruz comparada con las obtenidas en La Paz. Por el contrario, el cobre y el aluminio muestran una mayor velocidad de corrosión en la ciudad de La Paz.

- A pesar de no tratarse de ambientes con una gran diferencia de corrosividad, es posible diferenciar que se tratan de un clima caliente, húmedo y con mayor velocidad de vientos (Santa Cruz) y uno templado con mayor contenido de contaminantes (La Paz). Estas diferencias originan velocidades de corrosión diferentes, ya que el acero y el zinc se muestran más sensibles al tiempo de humectación y la temperatura, en cambio el cobre y aluminio se muestran más sensibles a los contaminantes.

Finalmente se concluye que cualquier material sometido a estas atmósferas, sufrirá un ataque dependiendo de su sensibilidad a la humedad y temperatura por una parte o a la presencia de contaminantes (SO₂ y cloruros) por otra, sin perder de vista que la corrosividad de la ciudad de La Paz está ahora clasificada entre C1 y C2, en cambio la de Santa Cruz está entre C2 y C3.

3.2 Ensayos de desempeño

Luego de las evaluaciones realizadas y en base a los resultados obtenidos, es posible realizar un análisis del comportamiento de los diferentes esquemas de pinturas que pueden ser muy útiles para la selección, diseño y/o recomendación a terceros.

Con el objetivo de realizar un análisis ordenado, a continuación se muestra la revisión de resultados determinados en base a las escalas y recomendaciones de las normas y manuales más utilizados (ASTM D-3274 [21], ISO 4628 [22-27] y Documentos PATINA) [1, 2, 4, 10-11] para establecer las características o defectos :

3.2.1 Alteración de color y brillo (ISO 4628/1, 2) [22-23]

De acuerdo a las evaluaciones visuales efectuadas durante los tres años, se establecieron las siguientes observaciones:

La alteración de color del recubrimiento no es una función dependiente esencialmente de la resina (ej. Alkídica o Epóxica). Es decir que cuando se observa una degradación del color, la pintura sigue cumpliendo su rol protector. Tanto en Santa Cruz como en La Paz se pudo observar este comportamiento.

La alteración de color del recubrimiento es, fundamentalmente, una función del pigmento empleado, del cual su color es degradado sobre todo por los rayos ultravioleta del sol. Sin embargo, el efecto combinado entre radiación, humedad y temperatura (Santa Cruz) es más importante que solo radiación (La Paz), pese a que la radiación ultra-violeta es superior en un 30% en esta última ciudad.

Al igual que en la alteración de color, se observaron probetas con fuerte degradación de brillo tanto en la ciudad de Santa Cruz como en la de La Paz. Se pudo observar que es fundamentalmente el vehículo no volátil de la pintura que sufre esta alteración, principalmente en los esquemas con resinas alkídicas y epóxicas, las cuales sufren, debido a la radiación, una degradación superficial de la película.

3.2.2 Ampollamiento – Corrosión (ISO 4628/2, 3) [23-24]

Cumplidos los tres años de exposiciones, ninguno de los esquemas presentó ampollamiento o corrosión sobre la superficie expuesta, debido principalmente a que ambas atmósferas no son fuertemente corrosivas y los esquemas seleccionados aparte de haber sido bien aplicados, debían otorgar esa protección.

3.2.3 Fisuración (ISO 4628/4) [25]

Los esquemas que presentaron fuerte fisuración fueron las pinturas de fondo basadas en resina alkídica y pigmento de aluminio. Sin embargo, la misma pintura aplicada sobre un anticorrosivo actuando por inhibición no presentó ninguna fisuración. Se verificó que en la aplicación del esquema existió una falta de tiempo de secado de la pintura de fondo, lo que originó que el solvente atrapado entre la primera capa y la capa de acabado produjo un escape rompiendo la película y exponiendo la superficie a la agresión corrosiva de la atmósfera (Fig. 1).

Aparentemente existiría un problema de agudización del efecto debido a la preparación de la superficie ya que en general los esquemas con arenado mostraron mayor fisuración que en las que tenían preparación manual. Por otra parte la fisuración como se muestra en la figura fue más intensa en la ciudad de La Paz, que presenta una radiación solar más alta que en Santa Cruz.

En la ciudad de Santa Cruz debido a efectos combinados de temperatura, humedad relativa, radiación y principalmente el viento, a partir del segundo año se observó la presencia de microfisuras en algunos esquemas alkídicos, como se muestra en la Figura 2.



Fig. 1 – Esquema con pintura de fondo alkídica, con protección por barrera y acabado alkídico. A la izquierda probeta patrón, arriba derecha probeta expuesta en Santa Cruz y abajo derecha probeta expuesta en La Paz. A los tres años de exposición se observa una fisuración y exfoliación muy intensas, que se presentaron desde el primer año de exposición.

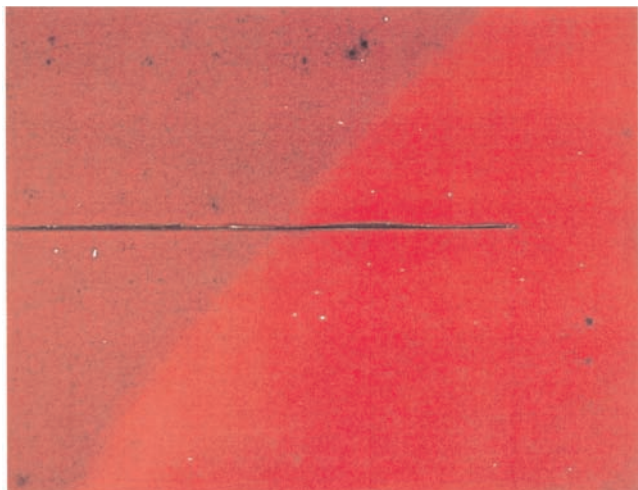


Fig. 2 – Esquema con pintura de fondo alquídica, con protección por inhibición y acabado alquídico, mostrando fisuración fina y generalizada.

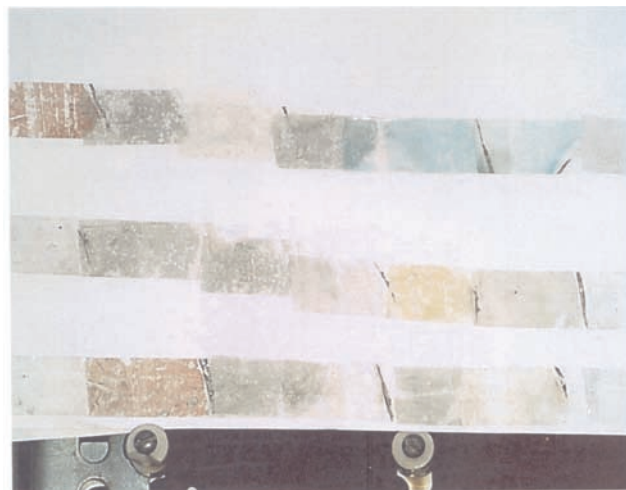


Fig. 3 – Fotografía de los registros de pruebas de entizado. Las cintas adhesivas transparentes pegadas sobre un papel facilitan la determinación del grado de entizado.

3.2.4 Exfoliación (ISO 4628/5) [26]

No se presentó este defecto sobre ninguna de las superficies sin incisión de los esquemas. Sin embargo, se presentó en los bordes de las incisiones de esquemas cuya capa de fondo protege al sustrato por mecanismo de barrera ya sean estos con resina alquídica, epóxica o poliuretánica. El único esquema actuando por protección catódica que presentó exfoliación fue a base de silicato inorgánico.

Por otra parte, el mecanismo de barrera no proveería una mejor adherencia de la pintura al sustrato y parece conducir a una mayor deformación por efecto de la radiación solar.

3.2.5 Entizado (caleado) (ISO 4628/6) [27]

Al igual que la alteración de color y brillo, los mayores grados de entizado se observaron en la ciudad de Santa Cruz.

Los esquemas más afectados incluso hasta un grado 4 de esquemas alquídicos fueron los de colores oscuros o plateados. También presentaron entizado esquemas epóxicos hasta grado 4 en algunos casos, pero el de mayor falla y que era previsible es el entizado en la probeta de resina coaltar-epóxica que es un recubrimiento diseñado para proteger estructuras o dispositivos enterrados. En la Figura 3, se muestran las cintas adhesivas pegadas y retiradas de las superficies pintadas y luego pegadas sobre una superficie blanca para determinar el grado de entizado.

La presentación de un mayor entizado, estaría asociado a una exposición en ambientes de mayor temperatura y humedad, además de la influencia del color, siendo los colores oscuros los más afectados. Adicionalmente los esquemas que contienen algunos pigmentos específicos para dar coloración aumentarían la susceptibilidad al entizado.

3.2.6 Hongos (ASTM D-3274) [21]

El crecimiento de hongos sobre la superficie de las probetas solo fue observado en la ciudad de Santa Cruz, habiéndose identificado colonias en la forma de esporas (*Pullurarian pululans*), como se puede observar en la Figura 4.

No parecería existir una clara preferencia de color para la aparición de los hongos, sin embargo los casos más agudos se presentaron en los colores blanco y amarillo.

En cuanto al tipo de resina, si bien todos los esquemas mostraron la existencia de hongos en diferentes grados (de 10 a 6) [21], fueron los esquemas con pintura de acabado de resina alquídica los que presentaron la mayor concentración de hongos.

Parecería existir una preferencia de las colonias de hongos por establecerse sobre superficies claras (blancas y amarillas principalmente) o que contengan algún componente químico en particular, como carga o pigmento y en algunos casos parecería existir preferencia por la resina (preferentemente alquídica).



Fig. 4 – Esquema con pintura de fondo etil silicato, actuando por protección catódica, y acabado acrílico mostrando la presentación de hongos, en la ciudad de Santa Cruz.

3.2.7 Incisión (Libro PATINA) [28]

Todos los esquemas presentaron corrosión en la incisión a los pocos días de su instalación, mostrando tonalidades de color naranja a rojo. A los tres años de exposición los resultados mostraron lo siguiente:

a) Esquemas actuando por mecanismo de inhibición – En la ciudad de La Paz, estos esquemas presentaron en algunos casos en la zona de la incisión coloraciones rojizo-oscuro, mostrando que éste mecanismo no se habría activado completamente al poco tiempo de exposición. En cambio en la ciudad de Santa Cruz, todos estos esquemas presentaron ennegrecimiento de la incisión y disminución del volumen de productos de corrosión, mostrando la activación de su mecanismo de actuación.

Aparentemente, este mecanismo de protección siendo sensible a la presencia de mayor humedad y temperatura, fue mejor activado en la ciudad de Santa Cruz que en La Paz.

b) Esquemas actuando por mecanismo de protección catódica. – En la ciudad de La Paz, se observó la activación del mecanismo en solo parte de las probetas (presentación de metal con poco óxido en la incisión y en algunos casos residuo blanco en los bordes).

En la ciudad de Santa Cruz, en su totalidad las probetas con incisión mostraron coloraciones de naranja a rojo oscuro, mostrando muy levemente residuos de color blanco en los bordes, dando a entender que se habría producido la oxidación del zinc, pero sin poder brindar aún la protección catódica requerida al igual que en La Paz.

En trabajos anteriores sobre el mecanismo de protección catódica de recubrimientos, se manifiesta que éste se produce cuando existe un buen contacto eléctrico entre sustrato y recubrimiento y de no existir un buen contacto es posible la activación de éste por intermedio de la capa líquida que se forma preferencialmente en atmósferas húmedas contaminadas.

c) Esquemas con mecanismo de protección por efecto barrera. – En ambas ciudades las probetas presentaron corrosión en la incisión de tonos naranja a rojo, habiéndose observado en algunos casos la presentación de exfoliación en los bordes de la incisión. La excepción, la constituye el esquema en base a la pintura epoxi mioxcoat con óxidos de hierro micáceo, que presentó coloración café en la incisión pudiéndose estar produciendo algún tipo de interacción.

3.2.8 Erosión

Si bien es de esperar que todos los esquemas hubiesen sufrido una degradación producto de la erosión, solo en la ciudad de Santa Cruz se tuvo la evidencia que se muestra en la Figura 5. La explicación a éste comportamiento, radica en que los vientos de mayor velocidad en la ciudad de Santa Cruz arrastran partículas de polvo que sirven de abrasivo sobre la superficie pintada, originando la rápida pérdida de la capa de acabado.

4. CONCLUSIONES

A pesar de que las atmósferas de la Paz y Santa Cruz no presentan categorías de corrosividad elevadas (entre C1 y C3), al igual que sus diferencias climáticas y de contaminación, son

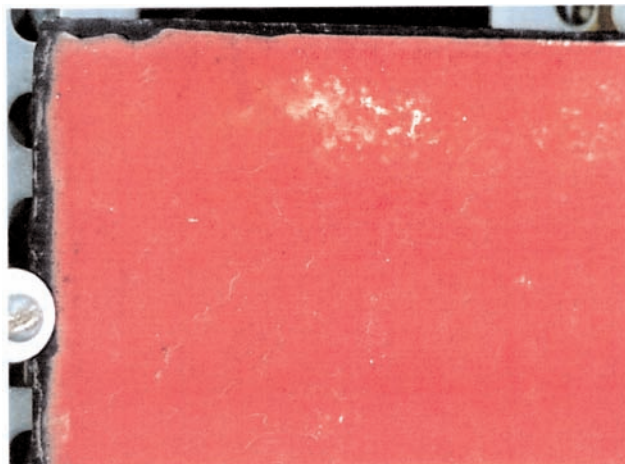


Fig. 5 – Esquema C2-03A (fondo alquídico con protección por inhibición y acabado alquídico), expuesto en Santa Cruz. A los dos años de exposición se observó una mayor pérdida de brillo y color y el blanqueo de gran parte de la probeta debido a erosión resultante de las altas velocidades de viento.

suficientes para dar lugar tipos de degradación bastante diferenciados en los materiales y esquemas de pintura ensayados.

El acero y el zinc, se mostraron más sensibles al TDH y la humedad, presentando velocidades de corrosión más altas en la ciudad de Santa Cruz. El aluminio y el cobre, mas sensibles a la presencia de contaminantes, presentaron mayores velocidades de corrosión en La Paz.

En lo que se refiere a los esquemas de pintura estudiados, debido a la baja corrosividad de las atmósferas involucradas en el proyecto, no se observaron corrosión o ampollamiento significativos en ninguno de ellos, durante el periodo de exposición considerado. A pesar de esto, en las incisiones, y en algunos casos donde el mecanismo de protección solo fue por barrera, donde no se tuvo mucho cuidado en la preparación de la superficie, o donde algunos revestimientos tuvieron secado deficiente o fueran más sensibles a la humedad o radiación, como algunos alquídicos, fue posible observar, en función de los mecanismos de protección desarrollados por las pinturas de fondo, presentación de corrosión incipiente o de fisuración acompañada o no de exfoliación.

A su vez, siendo el efecto combinado de radiación, humedad y temperatura mas importante en la degradación de color, brillo y cuarteado de los revestimientos de pintura, que el efecto aislado de la radiación, fue posible observar una mayor degradación superficial de algunos esquemas de pintura mas sensibles, en Santa Cruz que el La Paz, no obstante presentar ésta última un mayor nivel de radiación solar.

También la presencia de hongos en esquemas particularmente sensibles a éstos, solo se verificó en Santa Cruz, debido a la existencia de mayores niveles de humedad y temperatura, que en La Paz.

Finalmente, la mayor frecuencia y velocidad de vientos en Santa Cruz, permitió observar fenómenos de erosión superficial de los revestimientos expuestos, en función de su mayor o menor resistencia al desgaste provocado por las partículas arrastradas por el viento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Fábrica de Pinturas MONOPOL Ltda., en especial a su Gerente General Ing. Patricia Reznicek y al Director del Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales Dr. Rodny Balanza por el apoyo y financiamiento del proyecto de investigación que dio origen al presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] E. ALMEIDA *et al.*, (In Situ Assessment Of Environmentally Friendly Organic Coatings Performance In The Atmosphere) in *Proceedings of 14th International Corrosion Congress*, Diciembre, Ciudad del Cabo, Sud Africa (1999).
- [2] F. FRAGATA *et al.*, (Conventional Painting Coatings For Steel Protection In The Atmosphere) in *Proceedings of 14th International Corrosion Congress*, Diciembre, Ciudad del Cabo, Sud Africa (1999).
- [3] M. MORCILLO (Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera), Doc. Red Temática XV-D PATINA – 3 (1995).
- [4] M. MORCILLO, E. ALMEIDA, B. ROSALES, J. URUCHURTU y M. MARROCOS (Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Ibero-America, Parte I. – MICAT), Gráficas Salué S.A., Madrid, España, (1999).
- [5] Z. PANOSSIAN (Corrosao e Protecáo Contra Corrosao em Equipamentos e Estruturas Metálicas), Volumen II, 1^{ra}. Edicao, I.P.T., Eletropaulo, Sao Paulo, Brasil (1993).
- [6] J. PODESTA *et. al.*, CURSO: "Naturaleza y Extensión de la Corrosión", Centro Argentino de Ingenieros, Bs. As. – Argentina, 1979.
- [7] J. ROCHA (Informe Final: Estación PATINA para la Evaluación de la Corrosión Atmosférica), Proyecto de Investigación IIMETMAT – UMSA, Abril, La Paz, Bolivia (2000).
- [8] MONOPOL Ltda., Folletos Informativos y Manuales, La Paz, Bolivia (2000).
- [9] J. ROCHA, J. VELARDE y I. ROZOVIC (Evaluación de la agresividad corrosiva de las atmósferas de las ciudades de La Paz y Santa Cruz y evaluación de esquemas de recubrimientos orgánicos (pinturas) en estas atmósferas), Proyecto de Investigación IIMETMAT – MONOPOL, Agosto (2000).
- [10] J. ROCHA, J. VELARDE y I. ROZOVIC (Informe Final: Evaluación de la agresividad corrosiva de las atmósferas de las ciudades de La Paz y Santa Cruz y evaluación de esquemas de recubrimientos orgánicos (pinturas) en estas atmósferas), Proyecto IIMETMAT – MONOPOL, Agosto (2004).
- [11] ISO 4542:1981 (Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques Directives Generales pour les essais de corrosion statique en milieu extérieur), ISO, Geneve, Switzerland (1981).
- [12] ISO 9223, (Corrosion of Metals and Alloys – Corrosivity of Atmospheres. Classification) ISO, Geneve, Switzerland (1992).
- [13] ISO/DIS 9225 (Corrosion des métaux et alliages – Corrosivité des atmosphères – Methodes de mesurage de la pollution), ISO, Geneve, Switzerland (1989).
- [14] M. MORCILLO (Estimación del Tiempo de Humectación a Partir de Datos de Temperatura y Humedad Relativa), Doc. MICAT A-18 (1992).
- [15] M. MORCILLO (Planilla Para la Presentación de Datos de Corrosión de las Estaciones de Ensayo), Doc. MICAT A-24 (1992).
- [16] ISO 12944:1998 (1 – 8) (Paints and Varnishes – Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems), ISO, Geneve, Switzerland (1998).
- [17] J. MA. JANSÁ (Curso de Climatología), Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, España (1969).
- [18] SENAMHI (Reportes mensuales e Históricos), L.P., Bolivia (2000).
- [19] ISO 8407 (Metals and alloys – Procedures for removal of corrosion products from corrosion test specimens), ISO, Geneve, Switzerland (1991).
- [20] ISO 9226 (Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity), ISO, Geneve, Switzerland (1992).
- [21] ASTM D 3274 (Evaluating degree of surface disfigurement of paint films by fungal growth or soil and dirt accumulation), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, EUA (1988).
- [22] ISO 4628-1 (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 1: General principles and rating schemes), ISO, Geneve, Switzerland (1982).
- [23] ISO 4628-2, (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 2: Designation of degree of blistering), ISO, Geneve, Switzerland (1982).
- [24] ISO 4628-3 (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 3: Designation of degree of rusting), ISO, Geneve, Switzerland (1982).
- [25] ISO 4628-4 (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 4: Designation of degree of cracking), ISO, Geneve, Switzerland (1982).
- [26] ISO 4628-5 (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 5: Designation of degree of flaking). ISO, Geneve, Switzerland (1982).
- [27] ISO 4628-6 (Paint and varnishes – Evaluation of degradation of paint coatings – Designation of intensity, quality and size of common types of defect – Part 6: Rating of degree of chalking by tape method), ISO, Geneve, Switzerland, (1982).
- [28] M. MORCILLO, E. ALMEIDA, F. FRAGATA y Z. PANOSSIAN (Corrosión y Protección de Metales en las Atmósferas de Ibero-America, Parte II. – PATINA), Gráficas Salué S.A., Madrid, España (2002).